

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-186701

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 12/28		9466-5K	H 0 4 L 11/20	G
	12/56		H 0 4 Q 3/00	
H 0 4 Q 3/00		9466-5K	H 0 4 L 11/20	1 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平8-246559

(22) 出願日 平成8年(1996)9月18日

(31) 優先権主張番号 9 5 4 8 0 1 8 2 . 5

(32) 優先日 1995年12月20日

(33) 優先権主張国 フランス (F R)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 アライン・フィショウ

フランス06480、ラ・コール・サー・ループ、  
シェミン・デュ・ピュイ・デ・タシア  
ー 150

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

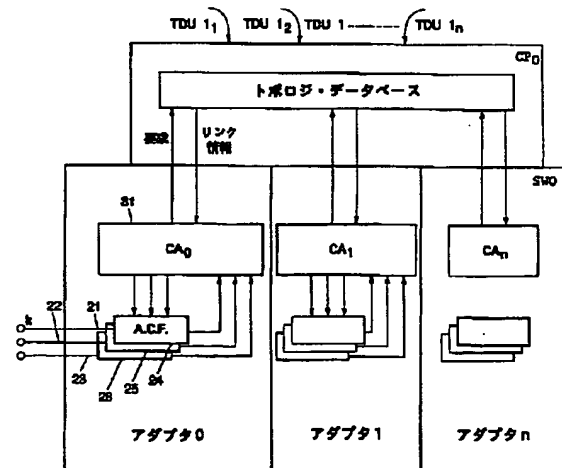
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 最適帯域幅割当て方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 データ通信ネットワークで非予約トラフィックへの帯域幅の割当てを最適化する方法を提供する。

【解決手段】 デジタル・ネットワークの高速転送リンクでの非予約トラフィックへの最適帯域幅割当ては、交換デバイスを通して接続された入力／出力アダプタを含むネットワーク・ノード／ポートでのデータ・パケットの転送を調整することにより行われる。そのため、ネットワーク・ノードに、ネットワークのイメージを維持するトポロジ・データベースを格納した制御点計算デバイス (C P) が割当てられる。このデータベースは、定期的に、また呼び出しセットアップ時に、リンク 1 の現在使用可能な帯域幅を示すリンク 1 の明示レート・パラメータと、リンク 1 の非予約コネクション数を示すパラメータ  $N_{NR1}$  とを含むトポロジ・データベース更新メッセージ (T D U) によって更新される。



(2)

特開平9-186701

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】データ・ソースとして機能するデータ端末装置とデータ宛先端末の間に、割当てられたネットワーク・パスに沿って、優先度の異なるデータ・トラフィックを転送するよう形成された高速リンクによって相互接続されたノードを含む高速データ転送ネットワークで、データ・トラフィックを最適化するための最適帯域幅割当て方法であって、上記優先度は、所定の合意にもとづいて上記パスに沿って転送帯域幅が予約されている予約トラフィックの高優先度と、予約トラフィックが満足されれば上記パスで使用可能な転送帯域幅があるネットワーク上を転送する必要がある非予約トラフィックの低優先度とを含み、非予約トラフィックに帯域幅を割当てる上記方法は、

上記ネットワーク・パスに沿った各リンクのネットワーク占有度のイメージを格納する少なくとも1つのトポロジ・データベースを作成するステップと、

定期的に且つネットワーク内の端末呼び出しセットアップ時に、リンク1で現在使用可能な帯域幅を示す、各リンク1の明示レート・パラメータ ( $ER_1$ ) と、リンク1の非予約コネクション数を示すパラメータ  $N_{NR}$  とを含む、トポロジ・データベース更新メッセージを作成及び同報通信し、上記少なくとも1つのトポロジ・データベースに格納するステップと、

上記トポロジ・データベース更新情報を受信して、上記パスに沿った各ノードについて、上記パスに沿った各リンク上で使用可能な、残った転送帯域幅を計算し、上記使用可能な帯域幅を、ネットワークに接続された非予約トラフィック・ソースに割当てるステップと、

を含む、方法。

【請求項2】上記転送ネットワークは分散制御ネットワークであり、上記トポロジ・データベースは各ネットワーク・ノードに格納され、上記トポロジ・データベース更新情報は、上記パスに沿った上記ノードに同報通信され、非予約トラフィックに使用可能な上記帯域幅は、計算されて、上記パスに沿った各ノード内の関係リンクに割当てられる、請求項1記載の最適帯域幅割当て方法。

【請求項3】a) リンク1上の全てのコネクションkについて、定期的に且つコネクション・セットアップ時に、コネクションを、帯域幅の増加(i)を要するか、帯域幅の減少(d)を要するか、または変更の必要はない(e)と指示するステップと、

b) 上記パスに沿ったノードに接続された全てのリンク1について、  
帯域幅の増加を要求するコネクション数 ( $N_{1,t}^{(i)}$ )、  
帯域幅の減少を要求するコネクション数 ( $N_{1,t}^{(d)}$ )、  
及び必要な帯域幅を有するコネクション数 ( $N_{1,t}^{(e)}$ ) を計算するステップと、

2

トポロジ・データベース更新メッセージの受信により、次のように使用可能な帯域幅を更新するステップであって、

【数1】

$$B_{l,t} = \frac{(1 - (Rho)_{l,t}^{res}) C_l - \sum_{k=1}^{N_{NR}} MCR_k}{N_{NR}} N_l$$

10 ここで、

$N_l$ は、パスにリンク1があるローカル・ポートに接続された非予約コネクション数であり、

$(Rho)_{l,t}^{res}$ は、対象ネットワーク・ノードで統計的にモニタされる、時間tのリンク1の予約トラフィックの帯域幅の比であり、

$C_l$ は、リンク1の速度であり、

$N_{NR}$ は、パスにリンク1があるネットワーク内の非予約コネクション数の合計であり、

20  $MCR_k$ は、コネクションkの非予約トラフィックに“予約”された帯域幅の一部であり（このパラメータ  $MCR_k$  は、非予約トラフィックではヌルにする必要があるが、そのトラフィックに対して、公平な最小帯域幅を任意予約することができる）、言い換えると、

【数2】

$$\sum_{k=1}^{N_{NR}} MCR_k$$

は、最小セル・レートの和になるものと、

【数3】

30

$$\sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R^{(d)}_{l,j,t-1}$$

$$\sum_{j=1}^{N^{(i)}_{l,t}} R^{(i)}_{l,j,t-1}$$

40

$$\sum_{j=1}^{N^{(e)}_{l,t}} R^{(e)}_{l,j,t-1}$$

を計算するステップとを含み、

c) 全てのコネクションについて、またコネクション・パスの全てのリンクについて、 $R_{1,k,t}$ を次のように更新し、

減少を要する場合、

【数4】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R_{l,k,t-1}^{(d)} \left( 1 - \frac{N^{(i)2}_{l,t}}{N^2_l} - \frac{N^{(i)}_{l,t} N^{(e)}_{l,t}}{N^2_l} \right) \right]$$

変更を要しない場合、

【数5】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \\ = \left[ R_{l,k,t-1}^{(e)} \left( 1 - \frac{N^{(i)2}_{l,t}}{N^2_l} \right) + \frac{N^{(i)}_{l,t}}{N^2_l} \times \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(d)} \right]$$

増加を要する場合、

【数6】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ \frac{1}{N^{(i)}_{l,t}} \sum_{j=1}^{N^{(i)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(i)} \right. \\ \left. + \frac{N^{(i)}_{l,t}}{N^2_l} \left( \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(d)} + \sum_{j=1}^{N^{(e)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(e)} \right) \right]$$

最終的に  $R_{k,t}$  を  $\min \{R_{l,k,t}\}$  にセットするステップと、  
を含む、請求項1または請求項2に記載の最適帯域幅割当て方法。

【請求項4】高速転送ネットワークの瞬時的イメージを表す、少なくとも1つの更新されたトポロジ・データベースを維持する、少なくとも1つの制御点処理装置に接続された交換ノードを含む、上記ネットワークのデータ・トラフィックに、転送帯域幅を動的に、最適な形で割当てる装置であって、上記交換ノードは、ネットワークに接続されたデータ・ソースと宛先端末との間に割当てられたネットワーク・パスに沿った、優先度の異なるデータ・トラフィックを転送する高速リンクによって相互接続され、上記優先度は、所定条件にもとづいて上記パスに沿った各リンクに転送帯域幅が予約された予約トラフィックの高優先度と、予約トラフィックが最適化されれば上記パスに沿って使用可能な、残った転送帯域幅内でネットワークに転送する必要のある非予約トラフィックの低優先度とを含み、非予約トラフィックに転送帯域幅を動的に割当てる上記装置は、

ソース・トラフィックをモニタし、上記コネクションkから現在の使用率を測定するため、対象リンク $l$ に接続された各データ・トラフィック・ソース(k)に接続されたアクセス制御手段を含むアクセス制御機能デバイスと、

同じリンク $l$ に接続されたデータ・トラフィック・ソースの各制御機能デバイスに接続されたコネクション・エージェント(CA)と、

上記制御エージェント・デバイスを上記少なくとも1つ

のトポロジ・データベースに接続して、要求に応じて上記トポロジ・データベースからリンク情報を取得する手段と、

前記対象リンク $l$ の各コネクションkに現在割当てられている回線帯域幅の一部  $B_{l,t-1}$  を計算する、上記コネクション・エージェント・デバイス内の第1計算手段と、

リンク $l$ に接続された各コネクションkの各非予約トラフィック・ソースに割当て可能な更新済みレート  $R_{k,t}$  を、上記アクセス制御機能手段を通して計算する第2計算手段と、

を含む、装置。

【請求項5】各ネットワーク・ノードに、上記トポロジ・データベースを格納した制御点デバイス(CP)が割当てられた分散ネットワーク装置で、各対象リンク $l$ について、リンク $l$ で現在使用可能な帯域幅を示す明示レート(ERL)パラメータと、上記リンク $l$ に現在接続されている非予約コネクション数を示すパラメータ  $N_{NR}$  とを含む、トポロジ・データベース更新メッセージ(TDU)を同報通信する手段を備えた、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる請求項4記載の装置。

【請求項6】上記制御機能手段は、

各データ・ソース・コネクションkに接続されて、トークン生成レート  $R_{k,t}$  で埋められるトークン・プールから、トークンを収集した後に対象パス上の次のリンクに渡されるデータ・パケットを、上記コネクションkから受信するリーキー・パケットと、

トークン・プールの内容を所定しきい値に対して定期的にモニタし、上記しきい値に対するトークン・プール・

30

40

50

(4)

特開平9-186701

5

6

レベルをもとに対象コネクションkの要求を測定する手段と、

を含む、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる請求項4または請求項5に記載の装置。

【請求項7】上記トークン・プールが複写されて、予約トラフィックと非予約トラフィックの区別が可能にされる、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる請求項6記載の装置。

【請求項8】各コネクション使用率を定期的に測定する上記手段は、対応するトークン・プールの充填レベルを、低しきい値（TH<sub>L</sub>）と高しきい値（TH<sub>H</sub>）に対してモニタし、トークン・プールの充填レートを上げる

（i）必要があるか、下げる（d）必要があるか、または変更する必要がない（e）かを示す指標を生成する、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる請求項6または請求項7に記載の装置。

【請求項9】上記制御エージェント・デバイスは、全てのリンク1の全てのコネクションに割当てられた帯域幅の一部B<sub>l,t</sub>を次のように測定する手段と、

【数7】  $B_{l,t} = ER_1 \times N_1$

ここで、ER<sub>1</sub>は、リンク1の明示レート、N<sub>1</sub>は、パス

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ \frac{1}{N^{(i)}_{l,t}} \sum_{j=1}^{N^{(i)}_{l,t}} R^{(i)}_{l,j,t-1} + \beta''_{l,t} \right]$$

ここで、α'とα''は、所定の乗法減少係数、β'とβ''は、所定の加法増加係数であり、インデックス（d）、

（e）、（i）はそれぞれ、デバイスによって示される通り、帯域幅の一部を開放できるコネクション、必要な帯域幅を有するコネクション、及び帯域幅の増加を要求するコネクションを示し、

コネクションkの、更新済みトークン生成レートを、次のようにパスの最小レートにセットする手段と、

【数11】  $R_{k,t} = \min \{R_{l,k,t}\}$

を含む、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる請求項8記載の装置。

【請求項10】非予約コネクションに予約された帯域幅

にリンク1があるノードに接続された非予約コネクション数であり、

上記B<sub>l,t</sub>測定手段と、上記使用率測定手段とに接続されて、時間tでリンク1の各コネクションkのパケット転送に割当てられるレートを、時間t-1の前の値（R<sub>l,k,t-1</sub>）と、手段によって与えられた増加／減少／変更なしの指標とをもとに計算する、レート更新手段と、

減少の場合、

【数8】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R^{(d)}_{l,k,t-1} \cdot \alpha'_{l,t} \right]$$

変更なしの場合、

【数9】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R^{(e)}_{l,k,t-1} \cdot \alpha''_{l,t} + \beta'_{l,t} \right]$$

増加の場合、

20 【数10】

MCR<sub>k</sub>の最小部分は0に等しくされる、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる請求項9記載の装置。

30 【請求項11】R<sub>k,t</sub>は、次のようにMCR<sub>k</sub>とPCR<sub>k</sub>によって制限される、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる請求項9記載の装置。

【数12】  $R_{k,t} = \max \{MCR_k, \min \{PCR_k, R_{k,t-1}\}\}$

【請求項12】次式で表される転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる請求項9、請求項10、または請求項11に記載の装置。

【数13】

$$\begin{aligned} \alpha'_{l,t} &= 1 - \frac{N^{(i)2}_{l,t}}{N^2_l} - \frac{N^{(i)}_{l,t}N^{(e)}_{l,t}}{N^2_l} \\ \alpha''_{l,t} &= 1 - \frac{N^{(i)2}_{l,t}}{N^2_l} \\ \beta'_{l,t} &= \frac{N^{(i)}_{l,t}}{N^2_l} \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R^{(d)}_{l,j,t-1} \\ \beta''_{l,t} &= \frac{N^{(i)}_{l,t}}{N^2_l} \left( \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R^{(d)}_{l,j,t-1} + \sum_{j=1}^{N^{(e)}_{l,t}} R^{(e)}_{l,j,t-1} \right) \end{aligned}$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高速データ転送ネットワークの非予約帯域幅トラフィックに、動作帯域幅を動的に、最適な形で割当てする方法及び装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在のデジタル・ネットワークは、同じネットワーク上で各種のデータ（純データ、または音声、画像、ビデオ等、デジタル化された情報信号）を転送しながら、これらのトラフィックの各種類に固有の要件に準拠するようにしたマルチメディア環境で動作するようになっている。

【0003】例えば、さまざまなユーザによって与えられる情報は数種類に分けられることに気づく。これらには、所定の一定限度の遅れ時間内にエンドユーザに伝えられなければならないリアルタイム情報（音声情報等）と、非リアルタイム情報が含まれる。リアルタイム情報に、この遅れ時間内に伝えられない情報があつた場合、その情報は捨てられるだけである。

【0004】その場合、元の信号の復元は、エンドユーザ側ではデータ・パケット転送環境で、補間／補外法等の手法によってある程度は可能である。これらの手法は、限られた数の棄却された連続したパケットの“損失”だけを克服する解決法は提供するが、遅れ時間の制限という要件は克服していない。

【0005】一方で情報は、予約トラフィック情報と非予約（NR）情報を含むと考えられる。予約トラフィック情報の転送は、両当事者間で契約により合意された条件に従って、所定の最大遅延時間で保証されなければならない。NR情報は、特別な時間制限なくネットワークで転送される制御情報や特定のソースのトラフィック等である（ただしトラフィックは、ネットワークの効率を高めるために最適化する必要がある）。

【0006】他方、先に述べた通り、デジタル化されたデータが、ビット・パケットとして配置されるパケット交換法や回線交換法等、いろいろな手法が開発されている。

【0007】回線交換法と比したパケット交換法の基本的なメリットは、回線上で、さまざまなタイプのデータの統計的多重化が可能なことである。これにより転送帯域幅が最適化される。回線交換法に比したパケット交換法の欠点は、ジッタや遅れが出ることであり、これは既に知られている通り、ビデオまたは音声のような等時性データの転送には障害になることがある。このような背景から、パケット交換ネットワークで新たなコネクションが確立される毎に、遅延やジッタが制限されるようにネットワークをコントロールする方法が提案されている。

【0008】これらの方法は、例えば欧州特許出願第94480097.8号に述べられている。この種の方法はどれも、ネットワークで転送されるサービスまたは制御データを要求したエンドユーザに対して、ネットワークの高速リンク（または回線）とノードまたはポートを通るパスを確立し、使用可能な転送帯域幅を最適な形で利用する。

【0009】基本的には、契約によって定められたパラメータを基準に、予約トラフィック（リアルタイム情報を含む）には所定の帯域幅を割当て、次に、非予約トラフィックには一定の基準で残った帯域幅を割当てることができる。

【0010】しかし、瞬間的トラフィックは予約トラフィックでも非予約トラフィックでも明らかに可変であることを考えれば、グローバルなネットワーク利用の効率を考慮する限り、固定帯域幅の割当ては本質的に非効率である。

【0011】最初の改良例では、あらかじめ計算された

過大帯域幅がソース毎に割当てられ、ネットワーク内で生じる瞬間的輻輳を検出し、何らかの「スローダウン」メカニズムをモニタする手段が使用される。このようなメカニズムは既に、先に述べた欧州特許出願書類、及び米国特許第5280470号に述べられている。上記の欧州特許出願書類では、スローダウン・メカニズムは、スイッチ・バックプレッシャ信号の管理を通してノード交換レベルで輻輳をコントロールするのに用いられるだけである。米国特許第5280470号では、ネットワーク・ノードで輻輳が検出され、増加が許容できない時にのみ予約帯域幅でスローダウンが働く。その際、ソースがいくつかアクティブではない場合にはリンク使用率が低下することがある。従ってデータ・ソースは、実際には動的には考慮されない。言い換えると、ここで見る従来の装置は、コネクション間の真の動的共有を実現せず、ソースにスローダウン・メッセージを送ることによってトラフィックの輻輳を一時的に解消するのに役立つだけである。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、データ通信ネットワークで、非予約トラフィックへの帯域幅の割当てを最適化する方法を提供することである。

【0013】本発明の他の目的は、データ通信ネットワークで、予約トラフィックをモニタし、非予約トラフィックに転送帯域幅を動的に割当てるかまたは適応させる方法を提供することである。

【0014】本発明の他の目的は、ATM（非同期転送モード）またはフレーム・リレーで動作する通信ネットワークで、現実のデータ・ソースの要件をもとに、非予約トラフィック・ソース間で転送帯域幅を動的にかつ公平に配付する方法を提供することである。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、データ・ソースとして機能するデータ端末装置とデータ宛先端末との間で割当てられたネットワーク・パスで、優先度の異なるデータ・トラフィックを転送するよう形成された高速リンクによって相互接続されたノードを含む高速データ転送ネットワークで、データ・トラフィックを最適化する、最適帯域幅割当て方法に関する。上記優先度は、所定の合意内容をもとに上記割当てられたパスで、ある転送帯域幅が予約されている予約トラフィックのための上位優先度と、予約トラフィックが満足されれば上記パスで使用可能な転送帯域幅内でネットワーク上を転送する必要のある、非予約トラフィックのための下位優先度とを含む。非予約トラフィックに帯域幅を割当てる上記方法は、ネットワーク・パスに沿った各リンク上のネットワーク占有度のイメージを格納する少なくとも1つのトポロジ・データベースを作成及び維持するステップと、定期的に、またネットワーク内の端末呼び出しセットアップ時に、リンク1で現在使用可能な帯域幅を示す各リ

ンク1の明示レート・パラメータ（ER<sub>1</sub>）と、リンク1の非予約コネクション数を示すパラメータN<sub>NR</sub>とを含む、トポロジ・データベース更新（TDU）メッセージを作成及び同報通信するステップと、上記TDU情報を受信して、上記パスに沿った各ノードについて上記パスに沿った各リンクで使用可能な残った転送帯域幅を計算し、上記使用可能な帯域幅をネットワークに接続された非予約トラフィック・ソースに割当てるステップと、を含む。

#### 10 【0016】

【発明の実施の形態】本発明は、集中管理ネットワークにも分散管理ネットワークにも等しく適用できるが、好適な実施例は、分散管理のデータ転送ネットワークに関して述べる。従って、これはどのような場合でも本発明の制限を意味するとみなすべきではない。

【0017】図1に、本発明を実施するのに使用できる分散管理（すなわちネットワークの各ノードでの管理）の packets 交換ネットワークの1つの例を示す。このネットワークは、高速中継線（またはリンク）（10、11、12、13、14）によって相互接続され、データ・ソースまたは宛先の端末として機能する外部のデータ端末装置（DTE）に接続されたアクセス回線（AL）によってアクセスできる、5つの交換ノードSW0乃至SW4を含む。

【0018】ネットワーク管理アーキテクチャは分散型であり、各交換ノードは、制御点CPによって管理される。CPは全て、制御点間の制御メッセージを効率よくマルチキャストする手段を提供する制御点スパンニング・ツリー（CPST）を介して相互接続される。CPは、ネットワークの他のCPに制御メッセージを同報通信したいときは、このメッセージを、所定のCPST交換アドレスに送り、アーキテクチャがCPスパンニング・ツリーの全ての回線上で、またこれらの回線でのみこのメッセージをルーティングする手段を提供する。このアーキテクチャはまた、各交換ノード上のツリー・アドレスを初期化し、回線や交換ノードに障害が発生した場合にはツリーを自動的に再構成する手段を提供する。

【0019】各CPは、ネットワークについての情報を格納するトポロジ・データベースのコピーを含む。これには、ネットワークの物理構成と回線の特性及びステータスが含まれる。

【0020】予約トラフィックを転送する、ネットワークの全ての回線1について、優先度が指定されたパケットに関して許容される最大遅延T（n）と、この回線上の帯域幅使用率R<sub>res</sub>（n）が定義され、トポロジ・データベースに記録される。この情報は、必要な時に制御点スパンニング・ツリーを、送られるトポロジ・データベース更新メッセージ（TDU）を介して他の制御点に配付される。

50 【0021】このようなスパンニング・ツリー構成につい

て詳しくは、欧州特許出願番号第94480048、1号、"A Data Communication Network and Method for Operating said Network"を参照されたい。

【0022】動作時、ソース・ユーザ端末装置は、宛先端末との接続を要求することができる。例えば、ユーザ端末装置DTE-AとDTE-B（それぞれアクセス回線AL-AとAL-Bを介してネットワークに接続される）は、DTE-AがDTE-Bとのコネクションを要求すると（すなわちDTE-Aの呼び出しセットアップ時に）、最大遅延T<sub>max</sub>とパケット損失可能性P<sub>loss</sub>に関して指定されるサービス品質（QoS）で、ネットワークを通して相互接続される。

【0023】その場合、交換ノードSW0では、制御点CP0はまず、QoSと、ユーザによって指定されるトラフィック特性（ピーク・レート、平均レート、平均パケット長）を使って、ソース端末と宛先端末の間のトラフィックに割当てられたルートまたはパス上の、全ての回線で予約されるコネクションの等価容量と呼ばれる帯域幅C<sub>eq</sub>を計算する。これは、この回線上の、そのコネクションに対して指定されている損失可能性P<sub>loss</sub>よりも小さいパケット損失可能性P<sub>0</sub>(n)を保証するためである。

【0024】制御点CP0は次に、トポロジ・データベースで、回線ベースで使用可能な情報をもとに宛先に達するのに最適なネットワーク・ルートを計算する。そのため、パス選択プログラムが最初、ルートに適したネットワーク回線を識別する。R(n)とR<sub>res</sub>(n)がそれぞれ、回線nの容量とその現在の予約レベルを示す場合、回線は次の場合に適格である。

【数14】

$$R_{res}(n) + C_{eq} \leq 0.85 R(n)$$

【0025】プログラムは次に、変更ベルマン・フォード(modified Bellman-Ford)・アルゴリズムを使って、最小重み、最小ホップ・カウントで、適格な回線を使い、QoSを満足する、ソースから宛先までのルートを見つける。

【数15】 $T_{max} \leq \sum T(n)$

$$P_{loss} \leq 1 - \pi(1 - P_{l}(n))$$

【0026】ここで、和と積の演算子はルートのN個の回線について繰り返される(n=1、...、N)。

【0027】等価容量と最適ルートについては次の文献を参照されたい。R. Guerin, H. Ahmadi, M. Naghshineh, "Equivalent Capacity and its Application to Bandwidth Allocation in High Speed Networks", published in IEEE Journal of Selected Areas in Communications, JSAC-7, Sept. 1991. H. Ahmadi, J. S. Chen, R. Guerin, L. Gun, A. M. Lee and T. Tedijanto, "Dynamic Routing and Call Control in High-Speed Integrated Network", published in Proc. Workshop Sys. Eng. Traf. Eng., ITC 13, pp 397-403, Copenhagen, D

enmark.

【0028】ここで、DTE-A1とDTE-Bを交換ノードSW0から交換ノードSW4まで接続するために選択されたルートは、交換ノードSW1、SW2を介した中継線10、11及び14と、交換ノードSW0、SW4のアクセス回線AL1を使用すると仮定しよう。

【0029】そのため、ソースの制御点CP0は、ルートに沿ってコネクション・セットアップ・メッセージを送る。メッセージのコピーがルート上の全てのスイッチの制御点に送られる(CP1、CP2及びCP4など)。このメッセージは、ルート上の制御点のネットワーク・アドレスのリスト、これら制御点間のリンク名(10、11、14)のリスト、要求帯域幅C<sub>eq</sub>、コネクションの優先度、及びソースの制御点CP0によってセットされ、コネクションを一意に識別するために他の全てのCPによって用いられるコネクション相関係数C<sub>cor</sub>を含む。

【0030】セットアップ・メッセージのコピーが受信されると、各CPは2つの基本タスクを実行する。

【0031】まずCPは、新たなコネクションの等価容量が、回線のルート上の次の交換ノードにまだ使用可能かどうかチェックし、使用可能であればそれを予約する。従ってCPは、最初の上記の関係を確認することによって回線が適格かどうかチェックする。そうであれば、CPは新たなコネクションに対して転送回線上の所望の帯域幅を予約し、コネクション・セットアップを受け入れ、次のように予約レベルを増分する。

【数16】

$$R_{res}(n) = R_{res}(n) + C_{eq}$$

【0032】そしてCPは、この予約レベルが大きく変更されている場合、結局はCPスパニング・ツリーでトポロジ・データベース(TDU)・メッセージを同報通信して、他のCPにこの回線の新たな予約レベルR<sub>res</sub>を伝える。

【0033】次にCPは、新たなコネクションの新たなラベルを割当て、このラベルをラベル交換のためにルート上の前のスイッチの制御点に送る。

【0034】従って、ネットワーク動作の間、各ノードn(n=0、1、...)の制御点(CPn)は、定期的に、また呼び出しセットアップ時に、アクセス・ノードによって収集されたトポロジ・データベース更新(TDU)メッセージを同報通信する。そこで、本発明のネットワーク帯域幅割当てを動的に最適な形で制御するため、TDUフォーマットは明示レート(ER)・パラメータを含むようになっている。従って、図1に示すように、リンク1のTDUフォーマットは、上記のTDUメッセージに、リンク1の明示レート(すなわちER1)を含む。ここでER1は、NRコネクション数で割った、リンク1で現在使用可能な帯域幅を指定し、従って、上記使用可能な帯域幅を対応する制御点に動的に指

示する。この情報により、全ての対象リンクで現在使用可能な帯域幅を全て知った状態で、非予約（NR）トラフィックを転送するサービスを要求するソースに、帯域幅を最適な形で割当てることができる。

【0035】トラフィックが、ソース端末DTE-A1から宛先端末DTE-Bまで、上記パスSW0、10、SW1、11、SW2、14、SW4を転送されるとすると、これらノードのトポロジ・データベースはそれぞれ、ノードによって接続された中継線上で明示レートを使用できるようにする。

【0036】またリンク1のTDUフォーマットは、上記リンク1の非予約コネクション数の指標を含む（すなわちNR1）。

【0037】これらの情報が与えられることで、ネットワークで非予約トラフィックをDTE-Aから送れるかどうかをアクセス・ノード（SW0）制御点によって判定できるようになるだけでなく、リンクによって接続された非予約ソース間に配分された帯域幅の、動的且つ公平な調整が、ネットワーク構成によって可能になる。これによりデータ・パケットの損失は少なくなり、予約トラフィックは影響を受けない。

【0038】図2は、制御点デバイスCPOが接続された交換デバイスSW0を含むノード0等、ノード内で用いられる各種デバイスを示したブロック図である。交換デバイスSW0は、それぞれ1つの回線またはリンクに接続されたアダプタ数個（アダプタ0、アダプタ1、...、アダプタn）を含む。1回線は、トラフィック・ソースとのコネクションを数千本まで処理できる。例えば、アダプタ0にはトラフィック・ソース21、22、23が接続している。

【0039】各ソースのデータ・トラフィックは、アクセス制御機能（ACF）デバイス（24、25、26参照）に向けられる。上記ACFデバイスは、アダプタ制御エージェント（CA）に双方向に接続される。CAはそれぞれ（CA0、CA1、...、CAN）、ノードの制御点（CPO）に接続されて、要求により、確立されたローカル・コネクションのリンク情報を、対応するトポロジ・データベースから取得する。また、既に述べた通り、CPOトポロジ・データベースは、ネットワーク・リンクからトポロジ・データベース更新（TDU）メッセージ（TDU11、TDU12等）を取得する（図1参照）。

【0040】図3は、アクセス制御機能（ACF）デバイス30とコネクション・エージェント（CA）・デバイス31の動作を示す図である。この装置の動作を理解するには、まず、ユーザからのデータ・トラフィックはパケット（または、ここではパケットとみなすATMセル）の形に構成され、パケットの転送は調整される（ノード出力ライン上）ということを読み出す必要がある。さまざまな調整方法が知られているが、その中でリーキ

ー・パケット・メカニズムを利用した方法がある。図4にリーキー・パケット・メカニズムを示す。図4に示したメカニズムでは基本的に、転送されるデータ・パケットは、まず入力バッファ（またはシフト・レジスタ構造）41を通る。入力バッファからネットワーク回線への転送は、トークン・プールによって調整される。そのため“トークン”・ジェネレータによって所定レートでトークンが作成され、上記トークンがトークン・プール42に格納される。次に、入力バッファ41からネットワークに転送される各データ・パケットは、データ・パケットが含むバイト数だけのトークンを要求する。これらのトークンがトークン・プール42で使用可能な場合、そのデータ・パケットはネットワークに送られる。でなければデータ・パケットは、その数のトークンが作成されるまで待つ必要がある。トークンは、要求側データ・パケットに個別に付加されるので、棄却可能なデータと棄却不可能なデータを区別できるようにメカニズムを改良することができる。従って、リーキー・パケットのレベルで、棄却可能なパケットと棄却不可能なパケットの区別処理は、トークン・プールの複写により行われる。つまり、棄却不可能なパケットには緑タグが付けられ、棄却可能なパケットには赤タグが付けられる。従って、2つのトークン・プールが、1つは“緑”トークンに、もう1つは“赤”トークンに用いられる。いずれのプールも互いに独立して埋められる。緑トークン・プールは、ネットワークのコネクションkに予約された等価容量に等しいトークン・レート $C_{eq}^{(k)}$ か、またはNRに対する最小保証帯域幅であるトークン・レート $MC R_k$ で埋められる。赤トークン・プールは、トークン・レート $R_{k,t}$ で埋められる。 $C_{eq}$ の計算は先に述べた文献に説明されているが、 $R_{k,t}$ の最適計算は本発明の目的である。

【0041】例えば、棄却可能なデータ・パケットは、補間／補外等のメカニズムにより、受信側で復元可能な音声データ・パケットを含むことがある。しかし、本発明でより重要なことは、リーキー・パケット・メカニズムによるデータ・パケットの転送は、トークン生成レートを制御することによって調整可能なことである。図3で、データ・ソースkに対するアクセス制御機能デバイス（24）のリーキー・パケット32が、可変レート of the トークン・プール33に接続されているのはそのためである。上記トークン・プール33はまた、調整のために用いられる基準しきい値指標（低基準しきい値 $TH_L$ と高基準しきい値 $TH_H$ ）を有する。これらのしきい値に対するトークン・プールのレベルは、使用率を示し、トークン生成レートを上げる、下げる、或いは維持する（すなわち変更しない）必要があるかどうかを明らかにする。

【0042】トークン生成レート $R_{k,t}$ は、対象パスに沿ったどのコネクションでも、あるメカニズムによって



更新される。例えば、コネクション $k$ のトークン・レート計算メカニズム31は、更新されたトークン生成レート $R_{k,t}$ を与えることによって時間 $t$ のトークン生成を更新する。これは最初、トークン・プール33によってモニタされるコネクション $k$ の使用状態を測定し（デバイス35）、例えば、 $TH_H$ と $TH_L$ を参照してトークン・プールのレベルをモニタした結果をもとに、トークン生成レートを上げる、下げる、または維持する必要があるかどうかを指示するパラメータを通して可能になる。

【0043】アクセス・リンクに接続されたアクセス制御機能デバイス30の個々のローカル・コネクションに接続される、35等のトークン利用デバイス全てによって与えられた情報は、コネクション・エージェント・デバイス31内の割当て帯域幅計算デバイス36に送られる。計算デバイス36は、対象ポートの各コネクション $k$ に現在割当てられている帯域幅を管理する。計算デバイス36はまた、トークン・レート生成デバイス34を制御するレート更新デバイス37をドライブする。計算デバイス36には、要求により、関係するノード制御点

$$B_{l,t} = ER_l \times N_l$$

$$= \frac{(1 - (Rho)^{res_{l,t}}) C_l - \sum_{k=1}^{N_{NRl}} MCR_k}{N_{NRl}} N_l$$

【0046】ここで、 $N_l$ は、パスにリンク $l$ があるローカル・ポートに接続された非予約コネクション数である。 $ER_l$ は、リンク $l$ の明示レートである。 $(Rho)^{res_{l,t}}$ は、対象ネットワーク・ノードで統計的にモニタされ、時間 $t$ にリンク $l$ の予約トラフィックによって用いられる帯域幅の比である。 $C_l$ は、リンク $l$ の速度である。 $N_{NRl}$ は、パスにリンク $l$ があるネットワーク内の非予約コネクション数合計である。 $MCR_k$ は、コネクション $k$ の非予約トラフィックに“予約”された帯域幅の一部である（このパラメータ $MCR_k$ は、非予約トラフィックではヌルにする必要があるが、そのトラフィックに対して公平に最小帯域幅を任意予約することができる）。言い換えると、

【数18】

$$\sum_{k=1}^{N_{NR}} MCR_k$$

【0047】は、リンク $l$ を共有する全ての非予約コネクションの最小セル・レート（ $MCR$ ）（ある場合）の和になる。

【0048】次に、時間 $t-1$ のローカル・ノードのリーキー・バケット値を使って、このノードに接続されたソースの新たな明示レート $R_{k,t}$ を、時間 $t$ について計算する必要がある。

【0049】装置は、リーキー・バケットからの情報を

（CPO等）に送られる各種TDUによって更新される、トポロジ・データベースの、必要な全ての明示レート（ $ER_l$ ）と、使用可能な非予約コネクション数（ $N_{NRl}$ ）が与えられることで、時間 $t$ にリンク $l$ のコネクション $k$ に割当てられる、更新されたトークン生成レート $R_{l,k,t}$ の計算が可能になり、トークン・レート生成デバイス34がドライブされる。

【0044】動作時、装置はリーキー・バケット値を定期的に取得し、あるコネクションでそのレートを上げる（i）か、下げる（d）か、または維持する（すなわち変更なし）（e）かを決定することができる。

【0045】 $L_k$ を、コネクション $k$ のパスに沿ったリンクのセットとする。ローカル・ポート（DTE-AのSWO等）のコネクション $k$ に可能なレートを決定するには、まず、 $L_k$ に属する、パスに沿った全てのリンク $l$ について、ポートの全てのコネクションに割当てられた帯域幅の部分 $B_{l,t}$ を知る必要がある。 $B_{l,t}$ は次式によって与えられる。

【数17】

使って、ボトルネックになっており、その帯域幅全ては使用しておらず、従って一部を開放できるコネクションに、帯域幅 $N^{(d)}_{l,t}$ を要求するコネクションの数 $N^{(i)}_{l,t}$ と、必要な帯域幅を使用していて、それ以上を必要としないコネクションの $N^{(e)}_{l,t}$ を導くことができる（ $N_l = N^{(i)}_{l,t} + N^{(d)}_{l,t} + N^{(e)}_{l,t}$ ）。コネクション $k$ のレートを上げる、下げる、または維持する必要があるかどうかにもとづくこの分類は、ローカル・ノードでセットされた現在値、 $R_{k,t-1}$ にのみ依存することに注意されたい。

【0050】あるコネクション $k$ を考えると、時間 $t-1$ にリンク $l$ でセットされた現在のレート $R_{l,k,t-1}$ を使い、 $R_{l,k,t-1}$ を、コネクション $k$ のレートを下げる必要がある場合は $R^{(d)}_{l,k,t-1}$ と、コネクション $k$ のレートを上げる必要がある場合は $R^{(i)}_{l,k,t-1}$ と、また、コネクション $k$ をその現在のレートに維持できる場合は $R^{(e)}_{l,k,t-1}$ と書換える。レート $R_{l,k,t}$ の計算は、 $L_k$ の全てのリンク $l$ について下記の回帰システムに従って行われる。φ下げる場合、

【数19】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R^{(d)}_{l,k,t-1} \cdot \alpha'_{l,t} \right]$$

【0051】φ変更なしの場合、

【数20】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R_{l,k,t-1}^{(e)} \cdot \alpha'_{l,t} + \beta'_{l,t} \right]$$

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ \frac{1}{N^{(i)}_{l,t}} \sum_{j=1}^{N^{(i)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(i)} + \beta''_{l,t} \right]$$

【0053】ここで、 $\alpha'_{l,t}$ と $\alpha''_{l,t}$ は、乗法減少係数、 $\beta'_{l,t}$ と $\beta''_{l,t}$ は、加法増加係数である。

【0054】コネクションkのレートは、次に、パスに沿って計算された最小レートにセットされる。

【数22】

$$R_{k,t} = \min_{l \in K} \{R_{l,k,t}\}$$

$$R_{k,t} = \max \left\{ MCR_k, \min \left\{ PCR_k, R_{k,t} \right\} \right\}$$

【0055】このモデルの前提条件は、コネクションは全て、定義された公平基準を満足するために、取得した帯域幅をいつでも開放できなければならないということである。例えば、ある任意の時間に、レートの増加を求めるコネクションと、“問題のない”コネクションしかない場合、前のシステムに関するこの状態が安定しているのは公平ではない。すなわち、“問題のない”コネクションに割当てられた帯域幅の一部を、ボトルネックになっているコネクション間で再配分する必要がある。ここで選ばれている公平基準は、ネットワークが提供できる以上の帯域幅を全てのコネクションが必要とする状態は、上記の非平衡状態よりも公平な状態であるということである。これは、もちろん採用できる公平基準の1つにすぎない。

【0056】より多くの帯域幅を必要とするコネクションに関する式の和の項はまた、それらのコネクション間で、ある公平性を実現するために用いられる。この項がない場合（すなわち $R^{(i)}_{l,k,t-1}$ を使う）、既に充分な総帯域幅を有しており、それ以上を要求するコネクションは、レートが小さく、帯域幅を突然要求するコネクションを考慮して、取得した帯域幅の一部を開放することはない。このシナリオは公平ではないので、増加を待っているコネクションの総帯域幅は、等しく再配分する必要がある（最大／最小の基準に従って）。

【0057】項 $B_{l,t}/B_{l,t-1}$ は、全てのコネクションに、リンクlの非予約トラフィックに使用可能な帯域幅のバリエーションを等しく配分する。

【0058】 $\alpha'_{l,t}$ 、 $\alpha''_{l,t}$ 、 $\beta'_{l,t}$ 、 $\beta''_{l,t}$ を計算する問題点は、これらは時間変数 $N^{(i)}_{l,t}$ 、 $N^{(d)}_{l,t}$ 、 $N^{(e)}_{l,t}$ の関数であるので単純ではない。そのため、それら自体も時間の関数になる。更にこれらパラメータは常

【0052】 $\phi$ 上げる場合、

【数21】

に、リンクlについて次式を満足する必要がある。

10 【数23】

$$\sum_{j=1}^{N_l} R_{l,j,t} = B_{l,t} / B_{l,t-1} \times \sum_{j=1}^{N_l} R_{l,j,t-1}$$

【0059】システムの解は複雑すぎて、各時間tについて評価できないので、次のようにヒューリスティックなアプローチをとる必要がある。 $\phi$ 帯域幅の減少を要するコネクションの場合、 $\alpha'_{l,t}$ は、もちろん、1よりも小さく、帯域幅を要するコネクション数が大きくなると0に近くなる。開放された帯域幅の一部も、変更を要しないコネクションに追加する必要がある、すなわち $\beta'_{l,t}$ 項の一部である。ここで次式を置く。

【数24】

$$\alpha'_{l,t} = 1 - \frac{N^{(i)2}_{l,t}}{N^2_l} - \frac{N^{(i)}_{l,t} N^{(e)}_{l,t}}{N^2_l}$$

【0060】 $\phi$ 等しい帯域幅を要するコネクションの場合、 $\alpha''_{l,t}$ も、帯域幅を要するコネクション数が大きくなると0に近づく。

【数25】

$$\alpha''_{l,t} = 1 - \frac{N^{(i)2}_{l,t}}{N^2_l}$$

【0061】他方、これらのコネクションのレートは、帯域幅を開放するコネクションに $N^{(i)}_{l,t} N^{(e)}_{l,t} / N^2_l$ を適用することによって大きくなる。

【0062】この値は、 $N^{(e)}_{l,t}$ コネクション間に等しく配分される。次式が得られる。

【数26】

$$\beta'_{l,t} = \frac{N^{(i)}_{l,t}}{N^2_l} \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R^{(d)}_{l,j,t-1}$$

【0063】 $\phi$ 帯域幅の増加を要するコネクションの場合、 $\beta''_{l,t}$ 項は、項 $N^{(i)2}_{l,t} / N^2_l$ を、 $N^{(i)}_{l,t}$ コネクション間に等しく配分された、前のコネクション・レートのセットの両方に適用することによって開放される総帯域幅である。

【数27】

$$\beta_{l,t}^{(i)} = \frac{N_{l,t}^{(i)}}{N_{l,t}^2} \left( \sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(d)}} R_{l,j,t-1}^{(d)} + \sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(e)}} R_{l,j,t-1}^{(e)} \right)$$

【0064】本発明を実施するアルゴリズムは次のように要約できる。

全コネクションについて：φリーキー・パケット統計を用い、コネクションkを、増加、減少、または現状維持を要すると“指定”する。

全リンクについて：φN<sup>(i)</sup><sub>1,t</sub>、N<sup>(d)</sup><sub>1,t</sub>及びN<sup>(e)</sup><sub>1,t</sub>を計算する。φTDUメッセージを受信して、各リンク1で使用可能な帯域幅を更新する。

【数28】

$$B_{l,t} = ER_l \times N_l = \frac{\left(1 - (Rho)^{res}_{l,t}\right) C_l - \sum_{k=1}^{N_{NRI}} MCR_k}{N_{NRI}} N_l$$

【0065】φ以下を計算する。

【数29】

$$\sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(d)}} R_{l,j,t-1}^{(d)}$$

$$\sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(i)}} R_{l,j,t-1}^{(i)}$$

$$\sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(e)}} R_{l,j,t-1}^{(e)}$$

【0066】全コネクションについて：φコネクション・パスの全リンクについて、R<sub>1,k,t</sub>を更新する。減少の場合、

【数30】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R_{l,k,t-1}^{(d)} \left( 1 - \frac{N_{l,t}^{(i)2}}{N_{l,t}^2} - \frac{N_{l,t}^{(i)} N_{l,t}^{(e)}}{N_{l,t}^2} \right) \right]$$

【0067】現状維持の場合、

【数31】

$$\begin{aligned} R_{l,k,t} &= \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \\ &= \left[ R_{l,k,t-1}^{(e)} \left( 1 - \frac{N_{l,t}^{(i)2}}{N_{l,t}^2} \right) + \frac{N_{l,t}^{(i)}}{N_{l,t}^2} \times \sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(d)}} R_{l,j,t-1}^{(d)} \right] \end{aligned}$$

【0068】増加の場合、

【数32】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ \frac{1}{N^{(i)}_{l,t}} \sum_{j=1}^{N^{(i)}_{l,t}} R^{(i)}_{l,j,t-1} + \frac{N^{(t)}_{l,t}}{N^2_l} \left( \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R^{(d)}_{l,j,t-1} + \sum_{j=1}^{N^{(e)}_{l,t}} R^{(e)}_{l,j,t-1} \right) \right]$$

【0069】φ次のようにセットする。

【数34】

【数33】

10

$$R_{k,t} = \min_{l \in L_k} \{R_{l,k,t}\}$$

$$R_{k,t} = \max \{MCR_k, \min \{PCR_k, R_{k,t}\}\} \quad (10)$$

【0070】非予約トラフィックは現実には、休止期間がかなり長く、ほとんどがパースト的であると予想される。こうした静フェーズがあるため、アクティブなコネクションは2、3あるだけであり、統計的多重化を導入することによってパフォーマンスが向上すると考えるのは理にかなっている。これは、基本的には、ネットワーク内に輻輳がない限りは、全てのコネクションに、そのおおよその公平な取り分よりも“少し多く”割当てられるということを意味する。

【0071】図5に、本発明を実施し、コネクションk

	リンク1	リンク2	—	リンク1
コネクション1	$R_{1,1,t-1}$	—	—	$R_{1,1,t-1}$
コネクション2	—	—	—	—
—	—	—	—	—
コネクションk	—	—	—	$R_{1,k,t-1}$

【0073】計算ステージ50（図5参照）は、 $N^{(i)}_{1,t}$ 、 $N^{(d)}_{1,t}$ 、 $N^{(e)}_{1,t}$ を与える。

【0074】これらの情報は、上記の表によって与えられるデータと共に、第2計算ステージ51に送られ、ここでパラメータ $\alpha'_{1,t}$ 、 $\alpha''_{1,t}$ 、 $\beta'_{1,t}$ 、 $\beta''_{1,t}$ がそれぞれ、先に述べた式（1）乃至（4）に従って計算される。

【0075】最後に、 $\alpha$ 、 $\beta$ のパラメータが、リンク1の明示レート及び非予約トラフィック数 $N_{NR1}$ と共に、第3計算ステージ52に送られ、式（5）に従って、更新された使用可能な帯域幅 $B_{1,t}$ の計算が可能になる。

【0076】ステージ50、51及び52の上記の計算は全てのリンク1について行われる。

【0077】次に、対象パスの全てのコネクションについて、また使用率によって定義されるコネクションの状態が、減少か現状維持（すなわち変更なし）か、増加かに応じて、それぞれ式（6）、（7）または（8）に従って、図5のステージ53、54、55（及び図3のデバイス37）に示す通り、リンク・レートが更新される。

【0078】最後に、ステージ56で、リンクkの新たな

について求められるレート調整を行うアルゴリズムのブロック図を示す。

【0072】まず、デバイス35（図3参照）によって定義される使用率と、他の全てのローカル・コネクション（1、2、3、...、k-1）の使用率が、計算ステージ50に与えられる。この計算ステージはまた、コネクション・エージェント（CA）に格納されたテーブルからt-1のレートを取得する。表は次のようになっている。

【表1】

なトークン・レート（図3のデバイス34を参照）が、式（9）及び（10）により計算される。

【0079】この新たなトークン生成レート $R_{k,t}$ は、トークン・プール33（図3）のトークン生成レートを更新するために適用される。

【0080】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0081】（1）データ・ソースとして機能するデータ端末装置とデータ宛先端末の間に、割当てられたネットワーク・パスに沿って、優先度の異なるデータ・トラフィックを転送するよう形成された高速リンクによって相互接続されたノードを含む高速データ転送ネットワークで、データ・トラフィックを最適化するための最適帯域幅割当て方法であって、上記優先度は、所定の合意にもとづいて上記パスに沿って転送帯域幅が予約されている予約トラフィックの高優先度と、予約トラフィックが満足されれば上記パスで使用可能な転送帯域幅があるネットワーク上を転送する必要がある非予約トラフィックの低優先度とを含み、非予約トラフィックに帯域幅を割当てる上記方法は、上記ネットワーク・パスに沿った各リンクのネットワーク占有度のイメージを格納する少な

50

くとも1つのトポロジ・データベースを作成するステップと、定期的に且つネットワーク内の端末呼び出しセットアップ時に、リンク1で現在使用可能な帯域幅を示す、各リンク1の明示レート・パラメータ ( $ER_1$ ) と、リンク1の非予約コネクション数を示すパラメータ  $N_{NR}$  とを含む、トポロジ・データベース更新メッセージを作成及び同報通信し、上記少なくとも1つのトポロジ・データベースに格納するステップと、上記トポロジ・データベース更新情報を受信して、上記パスに沿った各ノードについて、上記パスに沿った各リンク上で使用可能な、残った転送帯域幅を計算し、上記使用可能な帯域幅を、ネットワークに接続された非予約トラフィック・ソースに割当てるステップと、を含む、方法。

(2) 上記転送ネットワークは分散制御ネットワークであり、上記トポロジ・データベースは各ネットワーク・ノードに格納され、上記トポロジ・データベース更新情報は、上記パスに沿った上記ノードに同報通信され、非予約トラフィックに使用可能な上記帯域幅は、計算されて、上記パスに沿った各ノード内の関係リンクに割当てられる、上記(1)記載の最適帯域幅割当て方法。

(3) a) リンク1上の全てのコネクションkについて、定期的に且つコネクション・セットアップ時に、コネクションを、帯域幅の増加(i)を要するか、帯域幅の減少(d)を要するか、または変更の必要はない

(e)と指示するステップと、

b) 上記パスに沿ったノードに接続された全てのリンク1について、帯域幅の増加を要求するコネクション数

( $N_{1,t}^{(i)}$ )、帯域幅の減少を要求するコネクション数

( $N_{1,t}^{(d)}$ )、及び必要な帯域幅を有するコネクション

数( $N_{1,t}^{(e)}$ )を計算するステップと、トポロジ・データベース更新メッセージの受信により、次のように使用可能な帯域幅を更新するステップであって、

【数35】

$$B_{l,t} = \frac{(1 - (Rho)_{l,t}^{res}) C_l - \sum_{k=1}^{N_{NRl}} MCR_k}{N_{NRl}} N_l$$

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R_{l,k,t-1} \left( 1 - \frac{N_{l,t}^{(i)2}}{N_l^2} - \frac{N_{l,t}^{(i)} N_{l,t}^{(e)}}{N_l^2} \right) \right]$$

変更を要しない場合、

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}}$$

$$= \left[ R_{l,k,t-1} \left( 1 - \frac{N_{l,t}^{(i)2}}{N_l^2} \right) + \frac{N_{l,t}^{(i)}}{N_l^2} \times \sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(d)}} R_{l,j,t-1} \right]$$

ここで、 $N_1$ は、パスにリンク1があるローカル・ポートに接続された非予約コネクション数であり、( $Rho$ ) $_{l,t}^{res}$ は、対象ネットワーク・ノードで統計的にモニタされる、時間tのリンク1の予約トラフィックの帯域幅の比であり、 $C_1$ は、リンク1の速度であり、 $N_{NR1}$ は、パスにリンク1があるネットワーク内の非予約コネクション数の合計であり、 $MCR_k$ は、コネクションkの非予約トラフィックに“予約”された帯域幅の一部であり(このパラメータ $MCR_k$ は、非予約トラフィックではヌルにする必要があるが、そのトラフィックに対して、公平な最小帯域幅を任意予約することができる)、言い換えると、

【数36】

$$\sum_{k=1}^{N_{NR}} MCR_k$$

は、最小セル・レートの和になるものと、

【数37】

$$\sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(d)}} R_{l,j,t-1}^{(d)}$$

$$\sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(i)}} R_{l,j,t-1}^{(i)}$$

$$\sum_{j=1}^{N_{l,t}^{(e)}} R_{l,j,t-1}^{(e)}$$

を計算するステップとを含み、

c) 全てのコネクションについて、またコネクション・パスの全てのリンクについて、 $R_{l,k,t}$ を次のように更新し、減少を要する場合、

【数38】

【数39】

増加を要する場合、

【数40】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ \frac{1}{N^{(i)}_{l,t}} \sum_{j=1}^{N^{(i)}_{l,t}} R^{(i)}_{l,j,t-1} + \frac{N^{(i)}_{l,t}}{N^2_l} \left( \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R^{(d)}_{l,j,t-1} + \sum_{j=1}^{N^{(e)}_{l,t}} R^{(e)}_{l,j,t-1} \right) \right]$$

最終的に $R_{k,t}$ を $\min \{R_{l,k,t}\}$ にセットするステップと、を含む、上記(1)または(2)に記載の最適帯域幅割当て方法。

(4) 高速転送ネットワークの瞬間的イメージを表す、少なくとも1つの更新されたトポロジ・データベースを維持する、少なくとも1つの制御点処理装置に接続された交換ノードを含む、上記ネットワークのデータ・トラフィックに、転送帯域幅を動的に、最適な形で割当てる装置であって、上記交換ノードは、ネットワークに接続されたデータ・ソースと宛先端末との間に割当てられたネットワーク・パスに沿った、優先度の異なるデータ・トラフィックを転送する高速リンクによって相互接続され、上記優先度は、所定条件にもとづいて上記パスに沿った各リンクに転送帯域幅が予約された予約トラフィックの高優先度と、予約トラフィックが最適化されれば上記パスに沿って使用可能な、残った転送帯域幅内でネットワークに転送する必要がある非予約トラフィックの低優先度とを含み、非予約トラフィックに転送帯域幅を動的に割当てる上記装置は、ソース・トラフィックをモニタし、上記コネクション $k$ から現在の使用率を測定するため、対象リンク $l$ に接続された各データ・トラフィック・ソース( $k$ )に接続されたアクセス制御手段を含むアクセス制御機能デバイスと、同じリンク $l$ に接続されたデータ・トラフィック・ソースの各制御機能デバイスに接続されたコネクション・エージェント(CA)と、上記制御エージェント・デバイスを上記少なくとも1つのトポロジ・データベースに接続して、要求に応じて上記トポロジ・データベースからリンク情報を取得する手段と、前記対象リンク $l$ の各コネクション $k$ に現在割当てられている回線帯域幅の一部 $B_{l,t-1}$ を計算する、上記コネクション・エージェント・デバイス内の第1計算手段と、リンク $l$ に接続された各コネクション $k$ の各非予約トラフィック・ソースに割当て可能な更新済みレート $R_{k,t}$ を、上記アクセス制御機能手段を通して計算する第2計算手段と、を含む、装置。

(5) 各ネットワーク・ノードに、上記トポロジ・データベースを格納した制御点デバイス(CP)が割当てられた分散ネットワーク装置で、各対象リンク $l$ について、リンク $l$ で現在使用可能な帯域幅を示す明示レート(ER $l$ )パラメータと、上記リンク $l$ に現在接続されている非予約コネクション数を示すパラメータ $N_{NR}$ とを含む、トポロジ・データベース更新メッセージ(TD

U)を同報通信する手段を備えた、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる上記(4)に記載の装置。

(6) 上記制御機能手段は、各データ・ソース・コネクション $k$ に接続されて、トークン生成レート $R_{k,t}$ で埋められるトークン・プールから、トークンを収集した後に対象パス上の次のリンクに渡されるデータ・パケットを、上記コネクション $k$ から受信するリーキー・パケットと、トークン・プールの内容を所定しきい値に対して定期的にモニタし、上記しきい値に対するトークン・プール・レベルをもとに対象コネクション $k$ の要求を測定する手段と、を含む、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる上記(4)または(5)に記載の装置。

(7) 上記トークン・プールが複写されて、予約トラフィックと非予約トラフィックの区別が可能にされる、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる上記(6)に記載の装置。

(8) 各コネクション使用率を定期的に測定する上記手段は、対応するトークン・プールの充填レベルを、低しきい値(TH $_L$ )と高しきい値(TH $_H$ )に対してモニタし、トークン・プールの充填レートを上げる(i)必要があるか、下げる(d)必要があるか、または変更する必要がある(e)かを示す指標を生成する、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てる上記(6)または(7)に記載の装置。

(9) 上記制御エージェント・デバイスは、全てのリンク $l$ の全てのコネクションに割当てられた帯域幅の一部 $B_{l,t}$ を次のように測定する手段と、

【数41】  $B_{l,t} = ER_l \times N_l$

ここで、ER $l$ は、リンク $l$ の明示レート、 $N_l$ は、パスにリンク $l$ があるノードに接続された非予約コネクション数であり、上記 $B_{l,t}$ 測定手段と、上記使用率測定手段とに接続されて、時間 $t$ でリンク $l$ の各コネクション $k$ のパケット転送に割当てられるレートを、時間 $t-1$ の前の値( $R_{l,k,t-1}$ )と、手段によって与えられた増加/減少/変更なしの指標とをもとに計算する、レート更新手段と、よって、減少の場合、

【数42】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R^{(d)}_{l,k,t-1} \cdot \alpha'_{l,t} \right]$$

変更なしの場合、

【数43】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ R_{l,k,t-1}^{(e)} \cdot \alpha'_{l,t} + \beta'_{l,t} \right]$$

増加の場合、  
【数44】

$$R_{l,k,t} = \frac{B_{l,t}}{B_{l,t-1}} \left[ \frac{1}{N^{(i)}_{l,t}} \sum_{j=1}^{N^{(i)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(i)} + \beta''_{l,t} \right]$$

ここで、 $\alpha'$ と $\alpha''$ は、所定の乗法減少係数、 $\beta'$ と $\beta''$ は、所定の加法増加係数であり、インデックス(d)、(e)、(i)はそれぞれ、デバイスによって示される通り、帯域幅の一部を開放できるコネクション、必要な帯域幅を有するコネクション、及び帯域幅の増加を要求するコネクションを示し、コネクションkの、更新済みトークン生成レートを、次のようにパスの最小レートにセットする手段と、

【数45】  $R_{k,t} = \min \{ R_{1,k,t} \}$

を含む、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てて上記

(8)記載の装置。

(10) 非予約コネクションに予約された帯域幅MCR

$$\alpha'_{l,t} = 1 - \frac{N^{(i)2}_{l,t}}{N^2_l} - \frac{N^{(i)}_{l,t} N^{(e)}_{l,t}}{N^2_l}$$

$$\alpha''_{l,t} = 1 - \frac{N^{(i)2}_{l,t}}{N^2_l}$$

$$\beta'_{l,t} = \frac{N^{(i)}_{l,t}}{N^2_l} \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(d)}$$

$$\beta''_{l,t} = \frac{N^{(i)}_{l,t}}{N^2_l} \left( \sum_{j=1}^{N^{(d)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(d)} + \sum_{j=1}^{N^{(e)}_{l,t}} R_{l,j,t-1}^{(e)} \right)$$

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を含むよう形成されたデータ転送ネットワークの1つの例を示す図である。

【図2】1つのネットワーク・ノード内で本発明を実施するように形成されたデバイスを示す図である。

【図3】1つのノード・アダプタ内で本発明を実施するように形成された装置を詳細に示す図である。

【図4】本発明内で用いられるデバイスを示す図である。

【図5】本発明を実施するための詳細なフローチャートを示す図である。

kの最小部分は0に等しくされる、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てて上記(9)記載の装置。

(11)  $R_{k,t}$ は、次のようにMCR<sub>k</sub>とPCR<sub>k</sub>によって制限される、転送帯域幅を動的に最適な形で割当てて上記(9)記載の装置。

【数46】  $R_{k,t} = \max \{ MCR_k, \min \{ PCR_k, R_{k,t-1} \} \}$

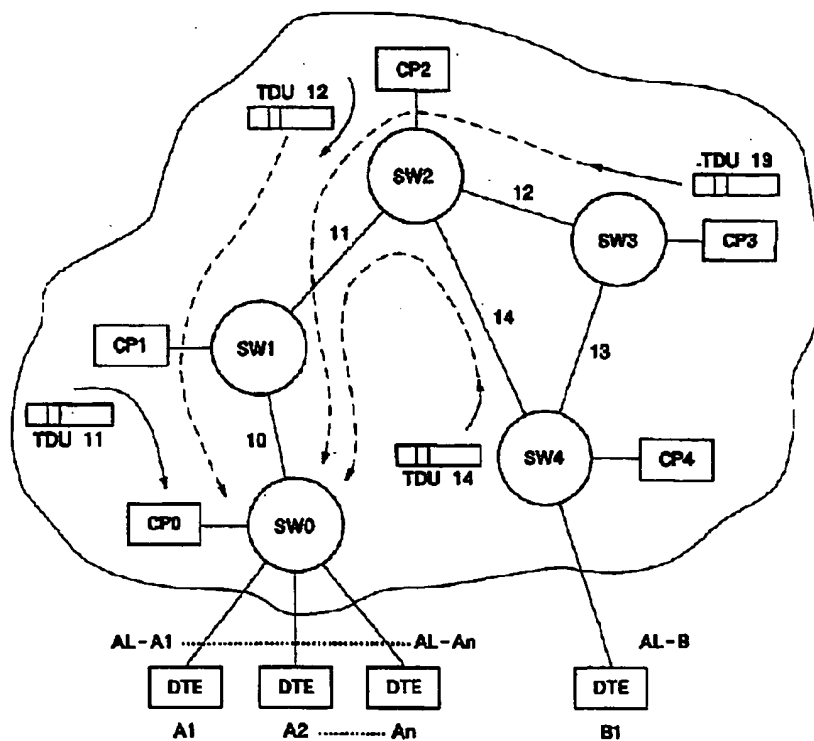
(12) 次式で表される転送帯域幅を動的に最適な形で割当てて上記(9)、(10)、または(11)に記載の装置。

【数47】

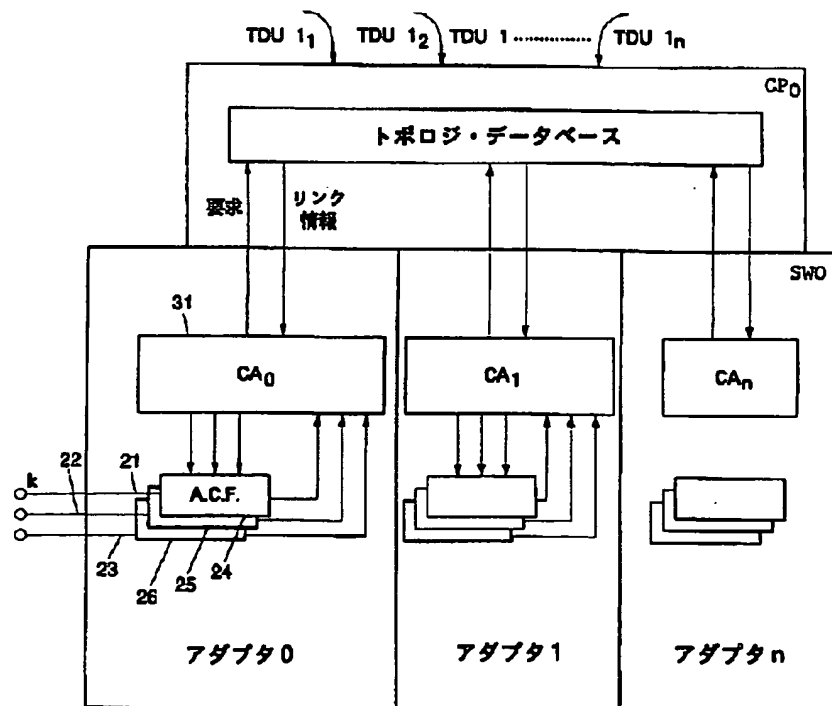
#### 【符号の説明】

21、22、23    トラフィック・ソース  
24、25、26、30    アクセス制御機能デバイス  
31    コネクション・エージェント・デバイス  
32    リーキー・パケット  
33、42    トークン・プール  
34    トークン・レート生成デバイス  
35    使用率測定デバイス  
36    割当て帯域幅計算デバイス  
37    レート更新デバイス  
41    入力バッファ

【図 1】

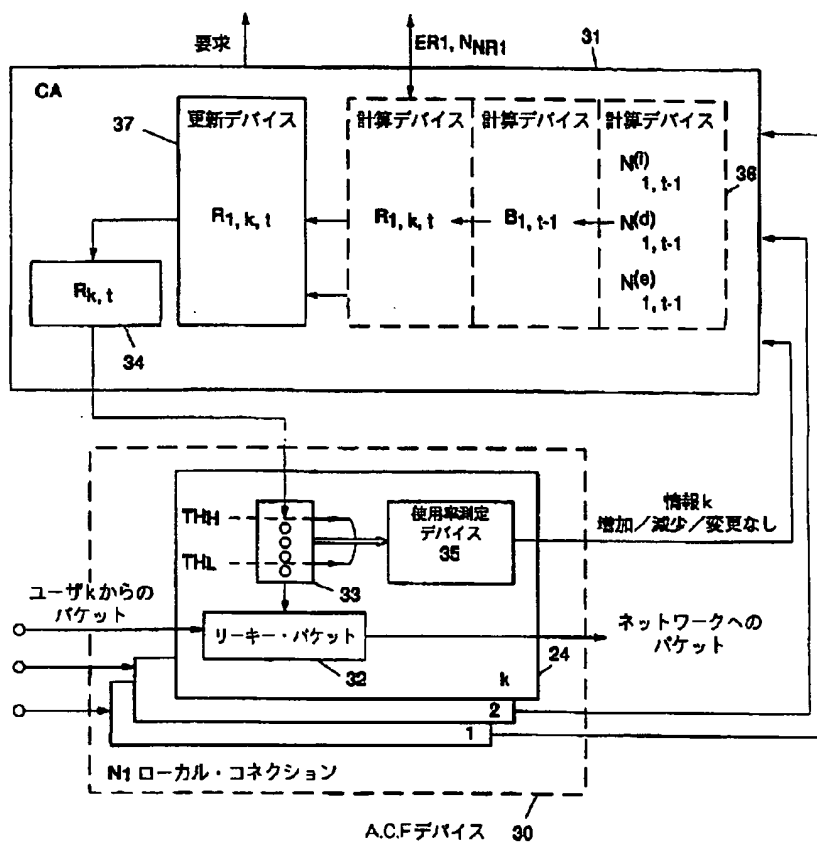


【図 2】

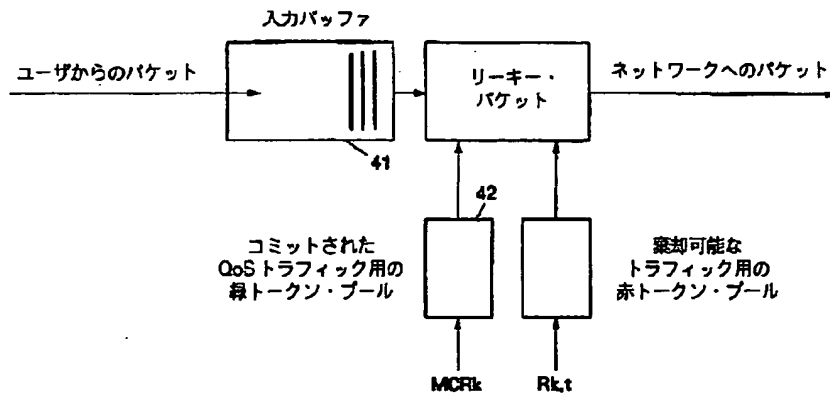




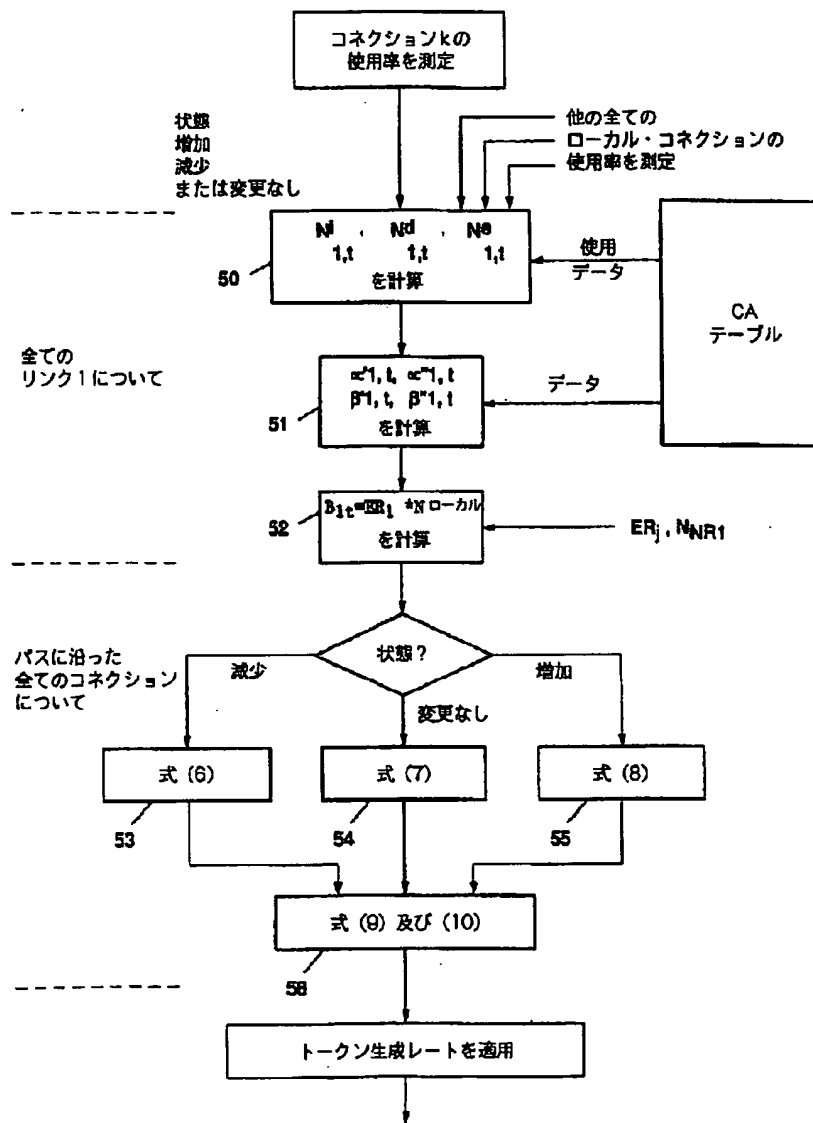
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 クラウド・ガランド  
フランス06800、カグネスーサーマー、  
アベニュー・デ・チュイリエス 56

(72)発明者 ピエール・アンドレ・フォリエル  
フランス06700、セント・ローレント・デ  
ュ・バー、アベニュー・エミール・デシャ  
メ 60、レジデンス・マリアヌ ビィ